

УДК 547-32:581.47:582.746.66

ОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ ПЛОДОВ СУМАХА ПУШИСТОГО (*RHUS TYRHINA* L.)

© *И.В. Попов**, *В.Н. Леонова*, *О.И. Попова*

*Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал
Волгоградского государственного медицинского университета,
пр. Калинина, 11, Пятигорск, 357500 (Россия), e-mail: beegeeslover@mail.ru*

Сумах пушистый (*Rhustyrhinal*L.) семейства анакардиевые (*Anacardiaceae*) – листопадное дерево, происходящее из Северной Америки, культивируемое в России. Целью работы стало определение органических кислот в плодах сумаха пушистого. Объектом исследования явились плоды сумаха пушистого свежие, высушенные и перезимовавшие (прошлого года). Для качественного анализа аскорбиновой кислоты и органических кислот получали извлечения тремя способами: в колбе на водяной бане с обратным холодильником, в режиме настоя, в режиме отвара. Определение органических кислот проводили с помощью качественных реакций, а также методом тонкослойной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методом тонкослойной хроматографии в извлечениях из трех образцов сырья идентифицированы шавелевая, винная, лимонная, аскорбиновая и яблочная кислоты. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии подтвердил присутствие пяти органических кислот. Содержание суммы органических кислот в пересчете на яблочную в абсолютно сухом сырье составило: в свежих плодах – 6.52%, в сухих – 6.26%, в перезимовавших – 6.35%. Содержание аскорбиновой кислоты – 0.78; 0.75 и 0.76% соответственно. Высокое содержание суммы органических кислот и аскорбиновой кислоты позволяет рассматривать плоды сумаха пушистого как ценный источник биологически активных соединений.

Ключевые слова: сумах пушистый, органические кислоты, плоды, тонкослойная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Введение

Органические кислоты встречаются во многих высших растениях. Преимущественно, в больших количествах они накапливаются в сочных плодах розоцветных (шиповник, малина, земляника, арония); вересковых (брусника, черника), лоховых (облепиха). Также они могут накапливаться в зеленых частях растений и в подземных органах (лук), часто сопутствуя филлохинону (крапива двудомная, гречишные) [1, 2].

Известно, что в плодах растений органические кислоты чаще находятся в свободном состоянии, а в других частях (листьях, цветках, побегах) преобладают связанные формы кислот [3].

Органические кислоты играют важную роль в обмене веществ растений. Установлено, что они являются промежуточными продуктами в ходе окисления углеводов, липидов, аминокислот и белков. Являясь продуктами превращения сахаров, используются растительной клеткой в синтезе (биогенезе) аминокислот, стероидов, сапонинов, алкалоидов и других соединений, то есть выступают связующим звеном между обменом углеводов, белков и липидов; являются активными метаболитами, участвуют в детоксикации тяжелых металлов в растениях [4–6].

В организме человека органические кислоты участвуют в обмене веществ и поддержании кислотно-щелочного равновесия как крови, так и других физиологических жидкостей, за счет подавления процессов брожения в кишечнике и стимуляции сокоотделения в желудке, что способствует нормальному пищеварению. Оказывают желчегонное действие, положительно влияют на усвоение

Попов Иван Викторович – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов, e-mail: beegeeslover@mail.ru

Леонова Виктория Нодарьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры токсикологической и аналитической химии, e-mail: sheryfka@mail.ru

Попова Ольга Ивановна – доктор фармацевтических наук, профессор, профессор кафедры фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов, e-mail: beegeeslover@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

пищи, нормализуют деятельность пищеварительной системы: регулируют выделение желчи и панкреатического сока, улучшают аппетит; обладают бактерицидными свойствами и снижают гнилостные процессы в организме, создают благоприятные условия для жизнедеятельности полезных микроорганизмов кишечника. Органические кислоты обладают витаминными свойствами, антиоксидантной, противовоспалительной, иммуномодулирующей активностью, способствуют уменьшению воспалительной реакции, ускорению регенерации тканей, активируют клеточное дыхание, синтез белков. Такие органические кислоты, как аскорбиновая (витамин С), лимонная, яблочная, янтарная важны для нормальной жизнедеятельности организма человека. Аскорбиновая кислота оказывает стимулирующее действие на иммунную систему человека, помогает организму восстанавливать силы в период протекания простудной или вирусной инфекции. Ее особую роль следует отметить в последнее время, когда в стране началась пандемия COVID-19 [7–9].

Немаловажным является положительное влияние органических кислот на кожные покровы человека. Щавелевая кислота проявляет отбеливающий эффект, благодаря чему кожа приобретает свое естественное сияние. Винная кислота обладает ярко выраженным омолаживающим эффектом, стимулирует обновление клеток, повышение эластичности кожи, оказывает действие на глубину морщин, хорошо увлажняет и эффективно очищает. Яблочная кислота обладает антиоксидантными, очищающими, увлажняющими, противовоспалительными свойствами, оказывает отшелушивающее действие, стимулирует клетки, усиливая клеточный метаболизм [10, 11].

Учитывая значимость и востребованность органических кислот, становится актуальным поиск растительных источников этого класса природных соединений. Надежной и стабильной сырьевой базой могут быть культивируемые растения, заготовка сырья которых имеет ряд преимуществ по сравнению с заготовкой сырья дикорастущих растений. Мероприятия по охране природы и рациональному использованию естественных ресурсов стали составной частью планов народного хозяйства нашей страны в настоящее время. В области фармации эти мероприятия охватывают широкий круг вопросов, таких как интродукция лекарственных растений и создание стабильной базы для получения фитопрепаратов, разработка «чистых» технологических процессов, унификация оценок содержания предельно допустимых примесей. Важная роль в решении экологических проблем принадлежит интродукции растений, в том числе иноземных [12].

Объектом исследования стали плоды сумаха пушистого (сумаха оленерогого) – *Rhus typhina* L. (= *Rhus hirta* (L.) Sudw), семейства анакардиевые – *Anacardiaceae*. Сумах пушистый – листопадное дерево. Родиной его являются восточные приатлантические штаты США, а также южные части канадских провинций Онтарио и Квебек [13, 14].

Это один из немногих, если не единственный представитель рода *Rhus*, отличающийся хорошей зимостойкостью и способный культивироваться на достаточной территории с умеренным климатом. Введен в культуру в европейской части России до широты Пскова. Несмотря на умеренную зимостойкость, предпочитает регионы с мягкой зимой, каковым является Северный Кавказ [15]. На Северном Кавказе сумах пушистый интродуцирован в Ставропольском и Краснодарском краях, в Республике Дагестан. Отдельные экземпляры этого уникального экзотического дерева можно встретить практически в любом городе юга России в парках, иногда возле жилых домов.

Вырастает до 10–12 м, часто ниже. Листья непарноперистосложные с большим количеством парных листочков. Соцветия – большие конусовидные метелки, хорошо заметные в листве, в одном соцветии может быть до 700 цветков. Плодоносит со второй половины лета, плоды на дереве сохраняются вплоть до следующего вегетационного сезона. Плоды, в количестве до 700 штук, собраны в большие конусовидные соплодия, растущие вертикально. В среднем одно дерево дает до 80 кг плодов (рис. 1).

Плоды сумаха пушистого, наряду с другими частями растения, популярны у коренных народов Северной Америки (индейцев). Индейцы из плодов готовили отвары, которые использовали при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, при авитаминозах [16–18].

О потенциально высоком содержании органических кислот в плодах сумаха говорит тот факт, что плоды близкого вида сумаха дубильного в регионах его естественного произрастания (Турция, Балканы) используются как ценная пищевая добавка для приготовления специй, придающих блюдам кислый вкус [19, 20]. В регионе естественного произрастания сумаха пушистого (восточные штаты США) аборигенные народы издревле применяли плоды сумаха в качестве пищевой добавки, что в настоящее время перекочевало и в традицию американцев. В США коммерческими компаниями изготавливаются прохладительные напитки из плодов сумаха пушистого, характеризующиеся кислым вкусом. Считается, что кислые напитки

лучше утоляют жажду в жару, нежели сладкие, традиционно популярные в США Кока-Кола и Пепси [21]. Использование плодов в пищевой промышленности свидетельствует о безопасности их применения [22].

Ранее в плодах сумаха пушистого нами проведено определение суммы фенольных соединений, которое составило $10.04 \pm 0.17\%$ в пересчете на галловую кислоту [23]. Определение этой группы биологически активных соединений (БАС) проводили в водном и спирто-водном извлечении (спирт этиловый 70%). Указанные экстрагенты могут извлекать наряду с фенольными соединениями органические кислоты, которые, как известно, обладают широким спектром фармакологического действия. Цель исследования заключалась в определении органических кислот в плодах сумаха пушистого, выращиваемого на Северном Кавказе.

Экспериментальная часть

Для исследования использовали плоды сумаха пушистого свежие и высушенные, собранные в начале августа 2021 г. в окрестностях Пятигорска (Ставропольский край), а также плоды, перезимовавшие непосредственно на деревьях, собранные в марте 2021 г. Сушили плоды естественным путем в проветриваемом помещении, без попадания прямых солнечных лучей при температуре $23\text{--}25\text{ }^\circ\text{C}$. Анализ свежих плодов проводили через 18–20 ч после сбора. Образцы сырья хранили в соответствии с требованиями нормативной документации (ГФ XIV) для данной морфологической группы лекарственного растительного сырья (ЛРС) [24].

Влажность образцов определяли методом высушивания по ГФ XIV, ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» [24]. Для заготовленных летом свежих плодов влажность составила $13.5 \pm 0.15\%$; для высушенных – $7.5 \pm 0.10\%$, для перезимовавших плодов – $4.3 \pm 0.06\%$.

Измельчали плоды механическим способом, растирая в ступке. В работе использовали фракции сырья с размером частиц 1.0–2.0 мм. Для качественного анализа органических кислот и аскорбиновой кислоты были получены водные извлечения тремя различными способами:

1. Настаивание плодов на кипящей водяной бане в колбе с обратным холодильником в течение 2 ч, соотношение сырья и экстрагента 1 : 10 (вода очищенная комнатной температуры). После настаивания извлечение охлаждали, процеживали в мерную колбу вместимостью 50 мл, отжимали сырье и прибавляли воду до требуемого объема [25].

2. Получение настоя по методике ГФ XIV, ОФС.1.4.1.0018.15 «Настои и отвары». Настаивали сырье с водой комнатной температуры на кипящей водяной бане в течение 15 мин при перемешивании. Соотношение сырье–экстрагент 1 : 10. Охлаждали в течение 45 мин при комнатной температуре, процеживали, отжимали сырье и прибавляли воду до требуемого объема [24].

3. Получение отвара из плодов сумаха пушистого по методике ГФ XIV в том же соотношении с экстрагентом 1 : 10. Навеску сырья заливали водой комнатной температуры, настаивали на кипящей водяной бане в течение 30 мин при перемешивании, затем охлаждали при комнатной температуре 10 мин, процеживали, отжимали сырье, и прибавляли воду до требуемого объема [24].

Для получения извлечений сырье брали с учетом коэффициента водопоглощения, приведенного в ОФС.1.5.3.0012.15 «Определение коэффициента водопоглощения и расходного коэффициента лекарственного растительного сырья» для плодов шиповника (коэффициент 1.1) [24].



Рис. 1. Сумах пушистый, окрестности Пятигорска (фото автора)

Определение качественного состава свободных органических кислот в исследуемых извлечениях из плодов сумаха пушистого проводили методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) в присутствии водных растворов стандартных образцов (СО) кислот. В качестве СО использовали стандарты фирмы Sigma-Aldrich (США): кислота аскорбиновая (Sigma-Aldrich A92902); кислота винная (Sigma-Aldrich T400); кислота лимонная (Sigma-Aldrich C0759); кислота щавелевая (Sigma-Aldrich 75688); кислота яблочная (Sigma-Aldrich M0875); кислота янтарная (Sigma-Aldrich 14080). Реактивы – квалификации «чистые для анализа».

Учитывая значимость метода ТСХ для определения различных групп биологически активных соединений, в том числе органических кислот, в ряде видов ЛРС, включенных в ГФ XIV (шиповника плоды), следует отметить целесообразность его использования при анализе плодов сумаха пушистого. Метод ТСХ отличается простотой, экспрессивностью, доступностью, экологичностью [26].

Необходимо отметить, что в фармакогностическом анализе ЛРС метод ТСХ – оперативный метод хроматографии для всех классов химических соединений. Он приобрел значение в качестве экспресс-метода в фармации, медицине, стандартизации, метрологии и т.п. [27–29].

Использовали хроматографические пластинки «Сорбфил ПТСХ-П-А-УФ» (Россия). С целью наилучшего разделения веществ были выбраны следующие системы растворителей:

- Система №1 – этилацетат – ледяная уксусная кислота (8 : 2);
- Система №2 – этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (100 : 11 : 11 : 25);
- Система №3 – спирт этиловый 96% – раствор аммония гидроксида концентрированный (16 : 4);
- Система №4 – бутанол – уксусная кислота – вода (4 : 1 : 2) [30].

На линию старта хроматографической пластинки наносили с помощью микрошприца 0.01 мл извлечения. Условия разделения веществ: температура 20–22 °С, время насыщения камеры – 30 мин, время хроматографирования – прохождение подвижной фазы от линии старта до линии финиша ≈10 см – составило 35–40 мин.

Идентификацию аскорбиновой кислоты проводили 0.04% раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия в воде (белое пятно на розовом фоне); 2% раствором хлорида железа (III) – темно-зеленое пятно.

Идентификацию других органических кислот проводили 0.4% раствором бромкрезолового зеленого.

Для подтверждения результатов идентификации органических кислот в плодах сумаха пушистого методом ТСХ был использован метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) путем сравнения со стандартными образцами, указанными выше, с последующей компьютерной обработкой результатов исследования в программе “Multichrome for Windows” по методике проведения анализа, разработанной для листьев и побегов розмарина лекарственного [31]. Хроматограф Gilson Model 305 (Франция), инжектор ручной Rheodyne Model 7125 (США). Условия анализа: неподвижная фаза – металлическая колонка Kromasil C18 4.6×250.0 мм, размер частиц 5 микрон; подвижная фаза: метанол – вода – кислота фосфорная концентрированная (20 : 80 : 0.5); скорость подачи элюента 0.8 мл/мин, продолжительность анализа 60 мин, температурный режим 20–24 °С; детектирование – с использованием УФ-детектора Gilson марки UV/VIS 151 при длине волны 254 нм.

Определение количественного содержания суммы свободных органических кислот в исследуемом сырье проводили алкалиметрическим методом, по методике, рекомендованной ГФ XIV, ФС.2.5.0093.18 «Рябины обыкновенной плоды» [24]. Пересчет вели на абсолютно сухом сырье.

Необходимо отметить, что при расчете содержания суммы свободных органических кислот в плодах сумаха пушистого пренебрегали содержанием фенольных соединений (галловая кислота и пр.), титрующихся натрия гидроксидом. Содержание органических кислот рассчитывали с использованием титра кислоты яблочной, то есть условно допускали, что все кислоты в сырье представлены кислотой яблочной [32].

Определение количественного содержания аскорбиновой кислоты в пересчете на абсолютно сухое сырье проводили по методике, рекомендованной ГФ XIV, ФС.2.5.0106.18 «Шиповника плоды» [24].

Так как аскорбиновая кислота проявляет кислотные свойства и может титроваться щелочами наряду с другими органическими кислотами, ее содержание вошло в общую сумму свободных органических кислот.

Обсуждение результатов

Присутствие аскорбиновой кислоты в полученных извлечениях было подтверждено качественными реакциями, основанными на восстановительных свойствах аскорбиновой кислоты: с реактивом Фелинга (желто-коричневый осадок), реакция «серебряного зеркала».

Присутствие других свободных органических кислот в полученных извлечениях подтверждали с помощью качественных реакций: реакция комплексообразования с раствором меди сульфата (зеленовато-синя окраска), раствором кальция хлорида (белый осадок), реактивом Паули (кремовый осадок).

Методом хроматографического анализа в тонком слое сорбента по ТСХ-профилю зон адсорбции провели качественную оценку органических кислот в полученных извлечениях. Наилучшее разделение органических кислот наблюдали в системе №2. Для этой системы были рассчитаны значения R_f и коэффициент распределения (K) (табл. 1).

Органические кислоты проявлялись раствором бромкрезолового зеленого. Наблюдала полосы адсорбции органических кислот в виде зеленых полос на синем фоне.

Методом ТСХ во всех полученных извлечениях идентифицированы аскорбиновая, винная, лимонная, щавелевая и яблочная кислоты. Янтарная кислота не была обнаружена. В свежих, высушенных и перезимовавших плодах идентифицированы одинаковые кислоты.

Таким образом, компонентный состав органических кислот не зависит от времени сбора плодов и способа получения извлечения.

Методом ВЭЖХ во всех трех образцах плодов сумаха пушистого идентифицированы пять органических кислот – щавелевая, винная, аскорбиновая, лимонная, яблочная (рис. 2).

Результаты определения органических кислот в плодах сумаха пушистого методом ВЭЖХ представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что в наибольшем количестве содержится лимонная кислота, в наименьшем – щавелевая. Аскорбиновая, винная и яблочная кислоты содержатся примерно в одинаковых пропорциях.

Содержание суммы органических кислот и аскорбиновой кислоты в трех образцах плодов сумаха пушистого, определение которых проведено по методикам ГФ XIV, представлено в таблице 3.

Содержание суммы органических кислот в свежих плодах сумаха пушистого составило 6,52%, в сухих – 6,26%, в перезимовавших – 6,35%; аскорбиновой кислоты – 0,78, 0,75 и 0,76% соответственно. При высушивании плодов содержание аскорбиновой кислоты и суммы органических кислот снижается очень незначительно. В перезимовавших на растении плодах содержание кислот также снижается очень незначительно и почти не отличается от показателей свежесобранных плодов.

Таблица 1. Хроматографические параметры органических кислот в системе №2

№ п/п	Органические кислоты	R_f	K
1	Щавелевая кислота	0.15±0.01	6.14
2	Винная кислота	0.36±0.02	1.78
3	Лимонная кислота	0.40±0.02	1.56
4	Аскорбиновая кислота	0.63±0.03	0.61
5	Яблочная кислота	0.82±0.04	0.25
6	Янтарная кислота	0.94±0.03	0.08

Рис. 2. Хроматограмма извлечения плодов сумаха пушистого:

1 – щавелевая кислота; 2 – винная кислота; 3 – аскорбиновая кислота; 4 – лимонная кислота; 5 – яблочная кислота

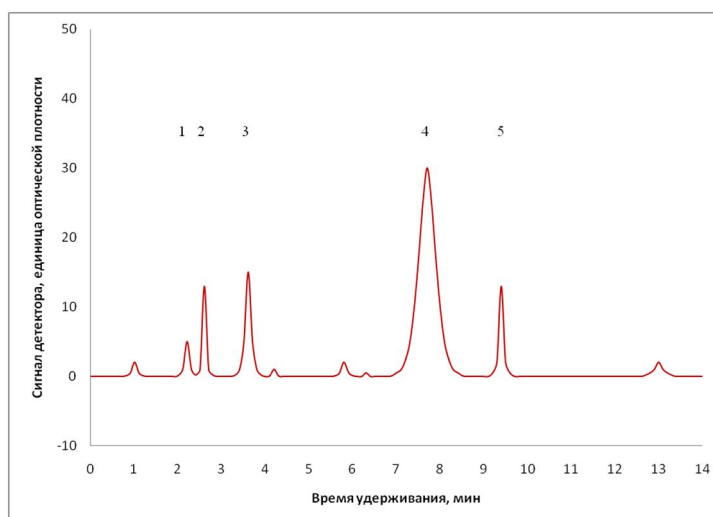


Таблица 2. Результаты определения органических кислот в плодах сумаха пушистого методом ВЭЖХ

№ п/п	Соединение	Свежие плоды		Высушенные плоды		Перезимовавшие плоды	
		t, мин	X, %	t, мин	X, %	t, мин	X, %
1	Щавелевая к-та	2.20	3.45	2.21	3.31	2.21	3.36
2	Винная к-та	2.62	12.52	2.65	12.02	2.63	12.20
3	Аскорбиновая к-та	3.57	14.58	3.52	14.01	3.53	14.20
4	Лимонная к-та	7.65	48.30	7.75	46.37	7.70	47.05
5	Яблочная к-та	9.40	12.35	9.35	11.86	9.38	12.03

t – Время удерживания; X – Содержание компонента.

Таблица 3. Содержание суммы органических кислот и аскорбиновой кислоты в плодах сумаха пушистого

№ п/п	Образцы сырья	Сумма органических кислот, % P>95%, n=5	Аскорбиновая кислота, % P>95%, n=5
1	Свежие плоды	6.52±0.15	0.78±0.02
2	Высушенные плоды	6.26±0.13	0.75±0.01
3	Перезимовавшие плоды	6.35±0.14	0.76±0.02

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что в плодах сумаха пушистого содержатся пять органических кислот: аскорбиновая, яблочная, лимонная, щавелевая и винная. Состав органических кислот не зависит от того, свежие плоды или высушенные. Количественное содержание суммы органических кислот в сухих плодах незначительно отличается от свежих, количество аскорбиновой кислоты также не зависит от того, свежие плоды, высушенные или перезимовавшие. Высокое содержание суммы органических кислот, а также аскорбиновой кислоты позволяет рассматривать плоды сумаха пушистого как ценный источник биологически активных соединений.

Содержание органических кислот и аскорбиновой кислоты в перезимовавших плодах, незначительно отличающееся от показателей свежих плодов, свидетельствует о том, что плоды сумаха пушистого, сохраняясь на дереве в течение зимы, не меняют состава основных биологически активных соединений. Заготовку плодов сумаха пушистого целесообразно проводить как летом, непосредственно в фазу созревания плодов, так и на протяжении последующих месяцев, вплоть до начала весны следующего года.

Результаты исследований по качественной и количественной оценке органических кислот плодов сумаха пушистого показывают перспективу использования этого вида сырья.

Список литературы

1. Жилкина В.Ю., Ефимова И.А., Марахова А.И., Донцова О.Н. Изучение качественного и количественного содержания биологически активных веществ в витаминном сборе (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. №2 (19). С. 200–207.
2. Магомедова З.М. Фитохимическое исследование лекарственного растительного сырья на содержание органических кислот // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. №3. С. 26–30. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-3-26-30.
3. Досаева А.Н., Нестерова Н.В. Оценка некоторых показателей качества и перспектив использования в медицине плодов груши разных сортов // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2021. Т. 23. №1. С. 5–10. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-1-5-10.
4. Жилкина В.Ю., Марахова А.И., Станишевский Я.М. Изучение качественного и количественного содержания органических кислот в сборе витаминном // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. №1(14). С. 156–159.
5. Попова О.А., Бобизода Г.М., Бунятыя Н.Д., Ремезова И.П., Самылина И.А., Прокофьев А.Б., Евтеев В.А., Саповский М.М. Состав и фармакологическое действие биологически активных веществ растений рода ферула // Фармация. 2021. Т. 70. №2. С. 5–10. DOI: 10/29296/25419218-2021-02-01.
6. Конюхова О.М., Меркушева Н.Н. Изучение состава биологически активных веществ в дикорастущих ягодах рода *Vaccinium* в зависимости от условий хранения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. №3(51). С. 100–108. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.100.
7. Мухаметова С.В., Скочилова Е.А. Показатели плодов земляники (*Fragaria*) и содержание в них аскорбиновой кислоты и калия в условиях Республики Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. №4(52). С. 70–77. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.4.70.

8. Калмыкова Н.Н., Калмыкова Е.Н., Гапонова Т.В. Состав органических кислот вина типа Херес, приготовленных бесплодным способом из сортов винограда межвидового происхождения // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. №74(2). С. 222–230. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-2-74-222-230.
9. Мухаметова С.В., Скочилова Е.А., Гаврилова Н.Ю., Зыкова О.Н., Никифорова А.Г. Показатели плодов калины (*Viburnum*) и содержание в них органических кислот // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2022. №1(53). С. 78–89. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.1.78.
10. Власова О.К., Даудова Т.И., Гасанов Р.З. Органические кислоты и катионы в структурных элементах ягоды винограда и виноматериалах // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. №68(2). С. 215–231. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-215-231.
11. Чистякова А.С., Гудкова А.А., Сливкин А.И., Чупандина Е.Е. Изучение профиля органических кислот видов рода горец (*Persicaria Mill.*) // Фармация и фармакология. 2022. Т. 10. №1. С. 44–54. DOI: 10.19163/2307-9266-2022-10-1-44-54.
12. Попов И.В., Чумакова В.В., Попова О.И., Чумаков В.Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 163–172. DOI: 10.14258/jcprm.2019045200.
13. Wei Z.P., Liu J.J. *Rhus typhina*, a good tree species for protection forest // Protection Forest Science and Technology. 2001. Vol. 3. P. 81.
14. Yuan Y., Guo W., Ding W., Luo Y., Wang R., Du N., Liu J., Xu F. Competitive interaction between the exotic plant *Rhus typhina* L. and the native tree *Quercus acutissima* Carr. in Northern China under different soil N:P ratios // Plant and Soil. 2013. Vol. 372 (1-2). Pp. 389–400. DOI: 10.1007/s11104-013-1748-3.
15. Dzhygan O.P., Mylnikova O.A., Zaitseva I.A. The effect of vehicle exhaust emissions on morphometric and physiological characteristics of *Rhus typhina* // Biosystems Diversity. 2018. Vol. 26(3). Pp. 250–254. DOI: 10.15421/011838.
16. Kossah R., Zhang H., Chen W. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract // Food Control. 2011. Vol. 22 (1). Pp. 128–132. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.06.002.
17. Olchowik E., Sciepek A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. Antioxidant capacities of polyphenols from Sumac (*Rhus typhina* L.) leaves in protection of erythrocytes against oxidative damage // Biomedicine and Preventive Nutrition. 2012. Vol. 2. N2. Pp. 99–105. DOI: 10.1016/j.bionut.2011.06.008.
18. Wang S., Zhu F. Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*) // Food Chemistry. 2017. Vol. 237. Pp. 431–443. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
19. Кароматов И.Д., Восиев С.С. Сумах дубильный как лекарственное растение // Биология и интегративная медицина. 2017. №3. С. 192–203.
20. Зиявитдинов Ж.Ф., Ощепкова Ю.И., Абдулладжанова Н.Г., Салихов Ш.И. Структура полифенолов листьев сумаха дубильного *Rhus coriaria* L. // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 133–140. DOI: 10.14258/jcprm.2020016316.
21. Qiu D.R., Wang D.C., Yang S.X., Zhang Y.M., Zhang M.Z., Sun J.Z., Cong J., Guo J., He S.L., Qin J.C., Wei D.S. Chemical constituents from the fruits of *Rhus typhina* L. and their chemotaxonomic significance // Biochemical Systematics and Ecology. 2016. Vol. 69. Pp. 261–265. DOI: 10.1016/j.bse.2016.10.011.
22. Наумова Н.Л., Лукин А.А., Снегирева О.В., Чернова Т.А. О фальсификации плодово-ягодного сырья // Вестник КрасГАУ. 2022. №2(179). С. 164–172. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-164-172.
23. Леонова В.Н., Попов И.В., Попова О.И., Зайцев В.П. Количественное определение суммы фенольных соединений в плодах *Rhus typhina* (L.) // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 225–232. DOI: 10.14258/jcprm.2019014038.
24. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14 изд. в 4 т. М., 2018. URL: <https://femb.ru/record/pharmasorea14>.
25. Фёдоровский Н.Н., Марахова А.И., Сорокина А.А. Теоретическая и экспериментальная разработка методик определения органических кислот в растворах и настоях из лекарственного растительного сырья // Прикладная аналитическая химия. 2011. Т. 2. №4. С. 9–15.
26. Тринеева О.В., Сафонова И.И., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Органические кислоты в плодах облепихи крушиновидной // Фармация. 2013. №7. С. 7–10.
27. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Сравнительная характеристика различных методов определения органических кислот в растительных объектах // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2015. №1(10). С. 112–118.
28. Аврач А.С., Сергунова Е.В., Самылина И.А. Тонкослойная хроматография в анализе плодов лекарственных растений // Фармация. 2014. №2. С. 15–18.
29. Чечета О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Методика определения каротиноидов методом хроматографии в тонком слое сорбента // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8. №2. С. 320–326.
30. Круть У.А., Олейникова И.И., Винник Д.А., Радченко А.И., Кузубова Е.В., Шайдорова Г.М. Исследование состава органических кислот в жмыхе плодов облепихи крушиновидной // Chemical Bulletin. 2022. Т. 5. №1. С. 27–36.
31. Тохсырова З.М., Попов И.В., Попова О.И. Исследование фенольных соединений листьев и побегов розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), интродуцированного в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 199–207. DOI: 10.14258/jcprm.2018033733.

32. Сергунова Е.В., Марахова А.И., Аврач А.С. Методы количественного определения органических кислот в лекарственном растительном сырье // Фармация. 2013. №4. С. 8–11.

Поступила в редакцию 25 июля 2022 г.

После переработки 6 января 2023 г.

Принята к публикации 28 апреля 2023 г.

Для цитирования: Попов И.В., Леонова В.Н., Попова О.И. Органические кислоты плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina* L.) // Химия растительного сырья. 2023. №3. С. 201–209. DOI: 10.14258/jcprn.20230311734.

*Popov I.V.**, *Leonova V.N.*, *Popova O.I.* ORGANIC ACIDS OF THE FRUITS OF STAGHORN SUMAC (*RHUS TYPHINA* L.)

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of VolgSMU, pr. Kalinina, 11, Pyatigorsk, 357500 (Russia), e-mail: beegeeslover@mail.ru

Staghorn sumac (*Rhus typhina* L.) of the Anacardiaceae family is a deciduous tree originating from North America, cultivated in Russia. The aim of the work was to determine the organic acids in the fruits of staghorn sumac. The object of the study was the fruits of staghorn sumac, fresh, dried and overwintered (last year). For qualitative analysis of ascorbic acid and organic acids, extracts were obtained in three ways: in a flask in a water bath with a reverse refrigerator, in infusion mode, in decoction mode. The determination of organic acids was carried out using qualitative reactions, as well as by thin-layer chromatography and high-performance liquid chromatography. By the method of thin-layer chromatography in extracts from three samples of raw materials were identified oxalic, tartaric, citric, ascorbic and malic acids. The method of high-performance liquid chromatography confirmed the presence of five organic acids. The content of the sum of organic acids was: in fresh fruits – 6.52%, in dry fruits – 6.26%, in overwintered fruits – 6.35%. The content of ascorbic acid is 0.78%, 0.75% and 0.76%, respectively. The high content of the sum of organic acids and ascorbic acid allows us to consider the fruits of staghorn sumac as a valuable source of biologically active compounds.

Keywords: *Rhus typhina*, organic acids, fruits, thin-layer chromatography, high-performance liquid chromatography.

References

1. Zhilkina V.Yu., Yefimova I.A., Marakhova A.I., Dontsova O.N. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 2 (19), pp. 200–207. (in Russ.).
2. Magomedova Z.M. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Yestestvennyye i tochnyye nauki*, 2020, vol. 14, no. 3, pp. 26–30. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-3-26-30. (in Russ.).
3. Dosayeva A.N., Nesterova N.V. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal "Pul's"*, 2021, vol. 23, no. 1, pp. 5–10. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-1-5-10. (in Russ.).

* Corresponding author.

4. Zhilkina V.Yu., Marakhova A.I., Stanishevskiy Ya.M. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2016, no. 1(14), pp. 156–159. (in Russ.).
5. Popova O.A., Bobizoda G.M., Bunyatyan N.D., Remezova I.P., Samylina I.A., Prokof'yev A.B., Yevteyev V.A., Sapovskiy M.M. *Farmatsiya*, 2021, vol. 70, no. 2, pp. 5–10. DOI: 10/29296/25419218-2021-02-01. (in Russ.).
6. Konyukhova O.M., Merkusheva N.N. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univepsiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye*, 2021, no. 3(51), pp. 100–108. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.100. (in Russ.).
7. Mukhametova S.V., Skochilova Ye.A. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univepsiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye*, 2021, no. 4(52), pp. 70–77. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.4.70. (in Russ.).
8. Kalmykova N.N., Kalmykova Ye.N., Gaponova T.V. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2022, no. 74(2), pp. 222–230. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-2-74-222-230. (in Russ.).
9. Mukhametova S.V., Skochilova Ye.A., Gavrilova N.Yu., Zykova O.N., Nikiforova A.G. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univepsiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye*, 2022, no. 1(53), pp. 78–89. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.1.78. (in Russ.).
10. Vlasova O.K., Daudova T.I., Gasanov R.Z. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2021, no. 68(2), pp. 215–231. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-215-231. (in Russ.).
11. Chistyakova A.S., Gudkova A.A., Slivkin A.I., Chupandina Ye.Ye. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 44–54. DOI: 10.19163/2307-9266-2022-10-1-44-54. (in Russ.).
12. Popov I.V., Chumakova V.V., Popova O.I., Chumakov V.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 163–172. DOI: 10.14258/jcprm.2019045200. (in Russ.).
13. Wei Z.P., Liu J.J. *Protection Forest Science and Technology*, 2001, vol. 3, p. 81.
14. Yuan Y., Guo W., Ding W., Luo Y., Wang R., Du N., Liu J., Xu F. *Plant and Soil*, 2013, vol. 372 (1-2), pp. 389–400. DOI: 10.1007/s11104-013-1748-3.
15. Dzhygan O.P., Mylnikova O.A., Zaitseva I.A. *Biosystems Diversity*, 2018, vol. 26(3), pp. 250–254. DOI: 10.15421/011838.
16. Kossah R., Zhang H., Chen W. *Food Control*, 2011, vol. 22 (1), pp. 128–132. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.06.002.
17. Olchowik E., Sciepek A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. *Biomedicine and Preventive Nutrition*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 99–105. DOI: 10.1016/j.bionut.2011.06.008.
18. Wang S., Zhu F. *Food Chemistry*, 2017, vol. 237, pp. 431–443. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
19. Karomatov I.D., Vosiyev S.S. *Biologiya i integrativnaya meditsina*, 2017, no. 3, pp. 192–203. (in Russ.).
20. Ziyavitdinov Zh.F., Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 133–140. DOI: 10.14258/jcprm.2020016316. (in Russ.).
21. Qiu D.R., Wang D.C., Yang S.X., Zhang Y.M., Zhang M.Z., Sun J.Z., Cong J., Guo J., He S.L., Qin J.C., Wei D.S. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2016, vol. 69, pp. 261–265. DOI: 10.1016/j.bse.2016.10.011.
22. Naumova N.L., Lukin A.A., Snegireva O.V., Chernova T.A. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 2(179), pp. 164–172. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-164-172. (in Russ.).
23. Leonova V.N., Popov I.V., Popova O.I., Zaytsev V.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 225–232. DOI: 10.14258/jcprm.2019014038. (in Russ.).
24. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, 14 izd. v 4 t.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th ed. in 4 volumes]. Moscow, 2018. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14>. (in Russ.).
25. Fodorovskiy N.N., Marakhova A.I., Sorokina A.A. *Prikladnaya analiticheskaya khimiya*, 2011, vol. 2, no. 4, pp. 9–15. (in Russ.).
26. Trineyeva O.V., Safonova I.I., Safonova Ye.F., Slivkin A.I. *Farmatsiya*, 2013, no. 7, pp. 7–10. (in Russ.).
27. Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2015, no. 1(10), pp. 112–118. (in Russ.).
28. Avrach A.S., Sergunova E.V., Samylina I.A. *Farmatsiya*, 2014, no. 2, pp. 15–18. (in Russ.).
29. Checheta O.V., Safonova Ye.F., Slivkin A.I. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2008, vol. 8, no. 2, pp. 320–326. (in Russ.).
30. Krut' U.A., Oleynikova I.I., Vinnik D.A., Radchenko A.I., Kuzubova Ye.V., Shaydorova G.M. *Chemical Bulletin*, 2022, vol. 5, no. 1, pp. 27–36. (in Russ.).
31. Tokhsyrova Z.M., Popov I.V., Popova O.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 199–207. DOI: 10.14258/jcprm.2018033733. (in Russ.).
32. Sergunova E.V., Marakhova A.I., Avrach A.S. *Farmatsiya*, 2013, no. 4, pp. 8–11. (in Russ.).

Received July 25, 2022

Revised January 6, 2023

Accepted April 28, 2023

For citing: Popov I.V., Leonova V.N., Popova O.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 201–209. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230311734.

